

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-119774

(P 2 0 0 0 - 1 1 9 7 7 4 A)

(43) 公開日 平成12年4月25日 (2000. 4. 25)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
C22C 9/04		C22C 9/04	
C22F 1/08		C22F 1/08	K
// C22F 1/00	630	1/00	630 J
	691		691 B
			691 C
審査請求 有 請求項の数 8 O L (全25頁)			

(21) 出願番号 特願平10-287921

(22) 出願日 平成10年10月9日 (1998. 10. 9)

(71) 出願人 390031587

三宝伸銅工業株式会社

大阪府堺市三宝町8丁374番地

(72) 発明者 大石 恵一郎

大阪府堺市三宝町8丁374番地 三宝伸銅
工業株式会社内

(74) 代理人 100082474

弁理士 杉本 丈夫

(54) 【発明の名称】 快削性銅合金

(57) 【要約】

【課題】 鉛の含有量を従来の快削性銅合金に比して大幅に低減させつつも、工業的に充分満足しうる被削性を確保しうる快削性銅合金を提供する。

【解決手段】 快削性銅合金は、銅69～79重量%、珪素2.0～4.0重量%及び鉛0.02～0.4重量%を含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなすものである。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 銅69～79重量%、珪素2.0～4.0重量%及び鉛0.02～0.4重量%を含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなすことを特徴とする快削性銅合金。

【請求項2】 錫0.3～3.5重量%、燐0.02～0.25重量%、アンチモン0.02～0.15重量%及び砒素0.02～0.15重量%から選択された1種以上の元素を更に含有することを特徴とする、請求項1に記載する快削性銅合金。

【請求項3】 銅70～80重量%と、珪素1.8～3.5重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、錫0.3～3.5重量%、アルミニウム1.0～3.5重量%及び燐0.02～0.25重量%から選択された1種以上の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなすことを特徴とする快削性銅合金。

【請求項4】 銅62～78重量%と、珪素2.5～4.5重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、錫0.3～3.0重量%、アルミニウム0.2～2.5重量%及び燐0.02～0.25重量%から選択された1種以上の元素と、マンガン0.7～3.5重量%及びニッケル0.7～3.5重量%から選択された1種以上の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなすことを特徴とする快削性銅合金。

【請求項5】 銅69～79重量%、珪素2.0～4.0重量%、鉛0.02～0.4重量%、アルミニウム0.1～1.5重量%及び燐0.02～0.25重量%を含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなすことを特徴とする快削性銅合金。

【請求項6】 クロム0.02～0.4重量%及びチタン0.02～0.4重量%から選択された1種以上の元素を更に含有することを特徴とする、請求項5に記載する快削性銅合金。

【請求項7】 ビスマス0.02～0.4重量%、テルル0.02～0.4重量%及びセレン0.02～0.4重量%から選択された1種の元素を更に含有することを特徴とする、請求項1、請求項2、請求項3、請求項5又は請求項6に記載する快削性銅合金。

【請求項8】 400～600℃で30分～5時間熱処理したことを特徴とする、請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6又は請求項7に記載する快削性銅合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鉛成分を殆ど含有しない快削性銅合金に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 被削性に優れた銅合金として、一般に、JIS H5111 BC6等の青銅系合金やJIS H3250-C3604、C3771等の黄銅系合金が

知られている。これらは1.0～6.0重量%程度の鉛を含有することによって被削性を向上させたものであり、従来からも、切削加工を必要とする各種製品（例えば、上水道用配管の水栓金具、給排水金具、バルブ等）の構成材として重宝されている。

【0003】ところで、鉛はマトリックスに固溶せず、粒状をなして分散することによって、被削性を向上させるものであるが、鉛含有量が1重量%に満たない場合には、切屑が図1(D)の如く螺旋状に連なった状態で生成してバイトに絡み付く等の種々のトラブルを生じる。一方、鉛含有量が1.0重量%以上であれば、切削抵抗の軽減等を十分に図ることができるが、鉛含有量が2.0重量%に満たない場合には切削表面が粗くなる。したがって、工業的に満足しうる被削性を確保するためには、鉛含有量を2.0重量%以上としておくのが普通である。一般に、高度の切削加工が要求される銅合金展伸材においては約3.0重量%以上の鉛が含有されており、青銅系の鋳物においては約5重量%の鉛が含有されている。例えば、上記したJIS H5111 BC6では鉛含有量が約5.0重量%である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、鉛は人体や環境に悪影響を及ぼす有害物質であるところから、近時においては、その用途が大幅に制限される傾向にある。例えば、合金の溶解、鋳造等の高温作業時に発生する金属蒸気には鉛成分が含まれることになり、或いは飲料水等との接触により水栓金具や弁等から鉛成分が溶出する虞れがあり、人体や環境衛生上問題がある。そこで、近時、米国等の先進国においては銅合金における鉛含有量を大幅に制限する傾向にあり、わが国においても鉛含有量を可及的に低減した快削性銅合金の開発が強く要請されている。

【0005】 本発明は、かかる世界的な傾向及び要請に応えるべくなされたもので、鉛の含有量を従来の快削性銅合金に比して大幅に低減させつつも、工業的に充分満足しうる被削性を確保しうる快削性銅合金を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記の目的を達成すべく、次のような快削性銅合金を提案する。

【0007】 すなわち、第1発明においては、被削性に優れた銅合金として、銅69～79重量%と珪素2.0～4.0重量%と鉛0.02～0.4重量%とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第1発明合金」という）を提案する。

【0008】 鉛はマトリックスに固溶せず、粒状をなして分散することによって、被削性を向上させるものである。一方、珪素は金属組織中にγ相（場合によってはκ相）を出現させることにより、被削性を改善するものである。このように、両者は合金特性における機能を全く

異にするものであるが、被削性を改善させる点では共通する。かかる点に着目して、第 1 発明合金は、珪素を添加することにより、工業的に満足しうる被削性を確保しつつ、鉛含有量の大幅な低減を可能としたものである。すなわち、第 1 発明合金は、珪素の添加による γ 相形成により被削性を改善したものである。

【0 0 0 9】而して、珪素の添加量が 2. 0 重量%未満では、工業的に満足しうる被削性を確保するに充分な γ 相の形成が行われぬ。また、被削性は珪素添加量の増大に伴って向上するが、4. 0 重量%を超えて添加しても、その添加量に見合う被削性改善効果はない。ところで、珪素は融点が高く比重が小さいため又酸化し易いため、合金溶融時に珪素単体で炉内に装入すると、当該珪素が湯面に浮くと共に、溶融時に酸化されて珪素酸化物ないし酸化珪素となり、珪素含有銅合金の製造が困難となる。したがって、珪素含有銅合金の鋳塊製造にあつては、通常、珪素添加を Cu-Si 合金とした上で行うことになり、製造コストが高くなる。このような合金製造コストを考慮した場合にも、被削性改善効果が飽和状態となる量 (4. 0 重量%) を超えて珪素を添加することは好ましくない。また、実験によれば、珪素を 2. 0 ~ 4. 0 重量%添加したときにおいて、Cu-Zn 系合金本来の特性を維持するためには、亜鉛含有量との関係をも考慮した場合、銅含有量は 6 9 ~ 7 9 重量%の範囲としておくことが好ましいことが判明した。このような理由から、第 1 発明合金にあつては、銅及び珪素の含有量を夫々 6 9 ~ 7 9 重量%及び 2. 0 ~ 4. 0 重量%とした。なお、珪素の添加により、被削性が改善される他、鋳造時の湯流れ性、強度、耐摩耗性、耐応力腐蝕割れ性、耐高温酸化性も改善される。また、延性、耐脱亜鉛腐蝕性も或る程度改善される。

【0 0 1 0】一方、鉛の添加量は、次の理由から 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%とした。すなわち、第 1 発明合金では、上記した如き機能を有する珪素を添加したことにより、鉛添加量を低減しても被削性を確保できるが、特に、従来の快削性銅合金より優れた被削性を得るためには、鉛を 0. 0 2 重量%以上添加する必要がある。しかし、鉛添加量が 0. 4 重量%を超えると、却って切削表面が粗くなると共に、熱間での加工性 (例えば、鍛造性) が悪くなり、冷間での延性も低下する。そして、鉛添加量が 0. 4 重量%以下の微量であれば、わが国を含めた先進各国において近い将来制定されるであろう鉛含有量規制が如何に厳格なものであつたとしても、その規制を十分にクリアすることができると考えられる。なお、後述する第 2 ~ 第 1 1 発明合金においても、上記した理由から、鉛の添加量は 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%とされている。

【0 0 1 1】また、第 2 発明においては、同じく被削性に優れた銅合金として、銅 6 9 ~ 7 9 重量%と、珪素 2. 0 ~ 4. 0 重量%と、鉛 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%

と、ビスマス 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%、テルル 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%及びセレン 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%から選択された 1 種の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金 (以下「第 2 発明合金」という) を提案する。

【0 0 1 2】すなわち、第 2 発明合金は、第 1 発明合金にビスマス 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%、テルル 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%及びセレン 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%の 1 つを更に含有させた合金組成をなすものである。

【0 0 1 3】ビスマス、テルル又はセレンは、鉛と同様に、マトリックスに固溶せず、粒状をなして分散することによって、被削性を向上させる機能を発揮するものであり、鉛の添加量不足を補うものである。したがって、これらの何れかを珪素及び鉛と共に添加させると、珪素及び鉛の添加による被削性改善限度を超えて被削性を更に向上させることが可能となる。第 2 発明合金では、かかる点に着目して、第 1 発明合金における被削性を更に改善すべく、ビスマス、テルル及びセレンのうちの 1 つを添加させることとした。特に、珪素及び鉛に加えてビスマス、テルル又はセレンを添加することにより、複雑な形状を高速で切削加工する場合にも、高度の被削性を発揮する。しかし、ビスマス、テルル又はセレンの添加による被削性向上効果は、各々の添加量が 0. 0 2 重量%未満では発揮されない。一方、これらは銅に比して高価なものであるから、0. 4 重量%を超えて添加しても、被削性は僅かながらも添加量の増加に応じて向上するものの、経済的に添加量に見合う程の効果は認められない。また、添加量が 0. 4 重量%を超えると、熱間での加工性 (例えば、鍛造性等) が悪くなり、冷間での加工性 (延性) も低下する。しかも、ビスマス等の重金属について仮に鉛同様の問題が生じる可能性があつたとしても、0. 4 重量%以下の微量添加であれば、格別の問題を生じる虞れもないと考えられる。これらの点から、第 2 発明合金では、ビスマス、テルル又はセレンの添加量を 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%とした。なお、鉛とビスマス、テルル又はセレンとを共に添加させる場合、両者の合計添加量は 0. 4 重量%以下となるようにしておくことが好ましい。けだし、合計添加量が 0. 4 重量%を僅かでも超えると、それらの単独添加量が 0. 4 重量%を超える場合ほどではないが、熱間での加工性や冷間での延性が低下し始め、或いは切屑形態が図 1 (B) から同図 (A) へと移行する虞れがあるからである。ところで、ビスマス、テルル又はセレンは上記した如く珪素と異なる機能により被削性を向上させるものであるから、これらの添加により銅及び珪素の適正含有量は影響されない。したがって、第 2 発明合金における銅及び珪素の含有量は第 1 発明合金と同一とした。

【0 0 1 4】また、第 3 発明においては、同じく被削性に優れた銅合金として、銅 7 0 ~ 8 0 重量%と、珪素 1. 8 ~ 3. 5 重量%と、鉛 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%

と、錫0.3～3.5重量%、アルミニウム1.0～3.5重量%及び燐0.02～0.25重量%から選択された1種以上の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第3発明合金」という）を提案する。

【0015】錫は、Cu-Zn系合金に添加した場合、珪素と同様に、 γ 相を形成して被削性を向上させるものである。例えば、錫は、58～70重量%のCuを含有するCu-Zn系合金において1.8～4.0重量%添加させることにより、珪素が添加されておらずとも、良好な被削性を示す。したがって、Cu-Si-Zn系合金に錫を添加させることにより、 γ 相の形成を促進させることができ、Cu-Si-Zn系合金の被削性を更に向上させることができる。錫による γ 相の形成は1.0重量%以上で行なわれ、3.5重量%に達すると飽和状態となる。なお、錫の添加量が3.5重量%を超えると、 γ 相の形成効果が飽和状態となるばかりでなく、却って延性が低下する。また、錫の添加量が1.0重量%未満では γ 相の形成効果が少ないものの、添加量が0.3重量%以上であれば、珪素により形成される γ 相を分散させて均一化させる効果があり、このような γ 相の分散効果によっても被削性が改善される。すなわち、錫の添加量が0.3重量%以上であれば、その添加により被削性が改善されることになる。

【0016】また、アルミニウムも、錫と同様に、 γ 相形成を促進させる機能を有するものであり、錫と共に或いはこれに代えて添加することにより、Cu-Si-Zn系合金の被削性を更に向上させることができる。アルミニウムには、被削性の他、強度、耐摩耗性、耐高温酸化性を改善させる機能や合金比重を低下させる機能もあるが、被削性改善機能が発揮されるためには、少なくとも1.0重量%添加させる必要がある。しかし、3.5重量%を超えて添加しても、添加量に見合った被削性改善効果はみられないし、錫と同様に延性の低下を招来する。

【0017】また、燐には、錫やアルミニウムのような γ 相の形成機能はないが、珪素の添加により又はこれと錫、アルミニウムの一方若しくは両方を共添させることにより生成した γ 相を均一に分散して、 γ 相分布を良好なものとする機能があり、かかる機能によって γ 相形成による被削性の更なる向上を図ることができる。また、燐の添加により、 γ 相の分散化と同時にマトリックスにおける α 相の結晶粒を微細化して、熱間加工性を向上させ、強度、耐応力腐蝕割れ性も向上させる。さらに、鋳造時の湯流れ性を著しく向上させる効果もある。このような燐添加による効果は0.02重量%未満の添加では発揮されない。一方、燐の添加量が0.25重量%を超えると、添加量に見合った被削性改善等の効果は得られないし、過剰添加により却って熱間鍛造性、押出性の低下を招来する。

【0018】第3発明合金では、かかる点に着目して、Cu-Si-Pb-Zn系合金（第1発明合金）に、錫0.3～3.5重量%、アルミニウム1.0～3.5重量%及び燐0.02～0.25重量%のうち少なくとも1つを添加させることにより、被削性の更なる向上を図っている。

【0019】ところで、錫、アルミニウム又は燐は、上記した如く γ 相の形成機能又は γ 相の分散機能により被削性を改善させるものであり、 γ 相による被削性改善を図る上で、珪素と密接な関係を有するものである。したがって、珪素に錫、アルミニウム又は燐を共添させた第3発明合金では、第1発明合金の珪素に置き換えて被削性を向上させる機能が発揮され、 γ 相とは関係なく被削性を改善させる機能（マトリックスに粒状をなして分散することにより被削性を向上させる機能）を発揮するビスマス、テルル又はセレンを添加した第2発明合金に比して、珪素の必要添加量が少なくなる。すなわち、珪素添加量が2.0重量%未満であっても、1.8重量%以上であれば、錫、アルミニウム又は燐の共添により、工業的に満足しうる被削性を得ることができる。しかし、珪素の添加量が4.0重量%以下であっても、3.5重量%を超えると、錫、アルミニウム又は燐を共添することにより、珪素添加による被削性改善効果は飽和状態となる。かかる点から、第3発明合金では、珪素の添加量を1.8～3.5重量%とした。また、かかる珪素の添加量との関係及び錫、アルミニウム又は燐を添加させることとの関係から、銅配合量の上下限値は第2発明合金より若干大きくして、その好ましい含有量を70～80重量%とした。

【0020】また、第4発明においては、同じく被削性に優れた銅合金として、銅70～80重量%と、珪素1.8～3.5重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、錫0.3～3.5重量%、アルミニウム1.0～3.5重量%及び燐0.02～0.25重量%から選択された1種以上の元素と、ビスマス0.02～0.4重量%、テルル0.02～0.4重量%及びセレン0.02～0.4重量%から選択された1種の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第4発明合金」という）を提案する。

【0021】すなわち、第4発明合金は、第3発明合金にビスマス0.02～0.4重量%、テルル0.02～0.4重量%及びセレン0.02～0.4重量%の何れかを更に含有させた合金組成をなすものであり、これらを添加させる理由及び添加量の決定理由は第2発明合金について述べたと同様である。

【0022】また、第5発明においては、被削性に加えて耐蝕性にも優れた銅合金として、銅69～79重量%と、珪素2.0～4.0重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、錫0.3～3.5重量%、燐0.02～0.25重量%、アンチモン0.02～0.15重量%及び

砒素 0. 0 2 ~ 0. 1 5 重量% から選択された 1 種以上の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第 5 発明合金」という）を提案する。

【0 0 2 3】すなわち、第 5 発明合金は、第 1 発明合金に錫 0. 3 ~ 3. 5 重量%、燐 0. 0 2 ~ 0. 2 5 重量%、アンチモン 0. 0 2 ~ 0. 1 5 重量% 及び砒素 0. 0 2 ~ 0. 1 5 重量% の少なくとも 1 つを更に含有させた合金組成をなすものである。

【0 0 2 4】錫には、被削性改善機能の他、耐蝕性（耐脱亜鉛腐蝕性、耐漬食性）及び鍛造性を向上させる機能がある。すなわち、 α 相マトリックスの耐蝕性を向上させ、 γ 相の分散化により耐蝕性、鍛造性及び耐応力腐蝕割れ性の改善を図ることができる。第 5 発明合金では、錫のかかる機能により耐蝕性の改善を図り、被削性の改善は主として珪素添加効果により図っている。したがって、珪素及び銅の含有量は第 1 発明合金と同一としてある。一方、耐蝕性、鍛造性の改善機能を発揮させるためには、錫の添加量を少なくとも 0. 3 重量% とする必要がある。しかし、錫添加による耐蝕性、鍛造性の改善機能は、3. 5 重量% を超えて添加しても、添加量に見合うだけの効果が得られず、経済的にも無駄である。

【0 0 2 5】また、燐は、上記した如く γ 相を均一分散化させる共にマトリックスにおける α 相の結晶粒を細分化させることにより、被削性改善機能の他、耐蝕性（耐脱亜鉛腐蝕性、耐漬食性）、鍛造性、耐応力腐蝕割れ性及び機械的強度を向上させる機能を発揮するものである。第 5 発明合金では、燐のかかる機能により耐蝕性等の改善を図り、被削性の改善は主として珪素添加効果により図っている。燐添加による耐蝕性等の改善効果は、微量の燐添加により発揮されるものであり、0. 0 2 重量% 以上の添加で発揮される。しかし、0. 2 5 重量% を超えて添加しても、添加量に見合った効果が得られないばかりか、熱間鍛造性、押出性が却って低下する。

【0 0 2 6】また、アンチモン及び砒素も、燐と同様に、微量（0. 0 2 重量% 以上）で耐脱亜鉛腐蝕性等を向上させるものである。しかし、0. 1 5 重量% を超えて添加しても、添加量に見合う効果が得られないばかりか、燐の過剰添加と同様に、熱間鍛造性、押出性が却って低下する。

【0 0 2 7】これらのことから、第 5 発明合金では、第 1 発明合金における同量の銅、珪素及び鉛に加えて、耐蝕性向上元素として錫、燐、アンチモン及び砒素の少なくとも 1 つを上記した範囲内で添加させることにより、被削性のみならず、耐蝕性等をも向上させることができるのである。なお、第 5 発明合金にあつては、錫及び燐は、主として、アンチモン及び砒素と同様の耐蝕性改善元素として機能するため、珪素及び微量の鉛以外に被削性改善元素を添加しない第 1 発明合金と同様に、銅及び珪素の配合量は、夫々、6 9 ~ 7 9 重量% 及び 2. 5 0

0 ~ 4. 0 重量% としてある。

【0 0 2 8】また、第 6 発明においては、同じく被削性及び耐蝕性に優れた銅合金として、銅 6 9 ~ 7 9 重量% と、珪素 2. 0 ~ 4. 0 重量% と、鉛 0. 0 2 ~ 0. 4 重量% と、錫 0. 3 ~ 3. 5 重量%、燐 0. 0 2 ~ 0. 2 5 重量%、アンチモン 0. 0 2 ~ 0. 1 5 重量% 及び砒素 0. 0 2 ~ 0. 1 5 重量% から選択された 1 種以上の元素と、ビスマス 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%、テルル 0. 0 2 ~ 0. 4 重量% 及びセレン 0. 0 2 ~ 0. 4 重量% から選択された 1 種の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第 6 発明合金」という）を提案する。

【0 0 2 9】すなわち、第 6 発明合金は、第 5 発明合金にビスマス 0. 0 2 ~ 0. 4 重量%、テルル 0. 0 2 ~ 0. 4 重量% 及びセレン 0. 0 2 ~ 0. 4 重量% の何れか 1 つを更に含有させた合金組成をなすものであり、第 2 発明合金と同様に、珪素及び鉛に加えてビスマス、テルル及びセレンの何れか 1 つを添加することにより被削性を改善すると共に、第 5 発明合金と同様に、錫、燐、アンチモン及び砒素のうちから選択した少なくとも 1 つを添加することにより耐蝕性等を改善したものである。したがって、銅、珪素、鉛、ビスマス、テルル及びセレンの添加量については第 2 発明合金と同一とし、錫、燐、アンチモン及び砒素の添加量については第 5 発明合金と同一とした。

【0 0 3 0】また、第 7 発明においては、被削性に加えて高力性、耐摩耗性に優れた銅合金として、銅 6 2 ~ 7 8 重量% と、珪素 2. 5 ~ 4. 5 重量% と、鉛 0. 0 2 ~ 0. 4 重量% と、錫 0. 3 ~ 3. 0 重量%、アルミニウム 0. 2 ~ 2. 5 重量% 及び燐 0. 0 2 ~ 0. 2 5 重量% から選択された 1 種以上の元素と、マンガン 0. 7 ~ 3. 5 重量% 及びニッケル 0. 7 ~ 3. 5 重量% から選択された 1 種以上の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第 7 発明合金」という）を提案する。

【0 0 3 1】マンガン又はニッケルは、珪素と結合して Mn_3Si 、又は Ni_3Si の微細金属間化合物を形成して、マトリックスに均一に析出し、それにより耐摩耗性、強度を向上させる。したがって、マンガン及びニッケルの一方又は両方を添加することにより、高力性、耐摩耗性が改善される。かかる効果は、マンガン及びニッケルを夫々 0. 7 重量% 以上添加することにより発揮される。しかし、3. 5 重量% を超えて添加しても、効果が飽和状態となり、添加量に見合う効果が得られない。珪素は、マンガン又はニッケルの添加に伴い、これらとの金属間化合物形成に要する消費量を考慮して、2. 5 ~ 4. 5 重量% を添加させることとした。

【0 0 3 2】また、錫、アルミニウム及び燐の添加により、マトリックスの α 相が強化され、被削性も改善される。錫及び燐は、 α 相、 γ 相の分散により強度、耐摩耗

性を向上させ、被削性も向上させる。錫は、0.3重量%以上の添加により強度及び被削性を向上させるが、3.0重量%を超えて添加すると延性が低下する。したがって、高力性、耐摩耗性の改善を図る第7発明合金においては、被削性改善効果も考慮して、錫の添加量を0.3～3.0重量%とした。また、アルミニウムは、耐摩耗性改善に寄与し、マトリックスの強化機能は0.2重量%以上の添加により発揮される。しかし、2.5重量%を超えて添加すると、延性が低下する。したがって、被削性改善効果も考慮して、アルミニウムの添加量は0.2～2.5重量%とした。また、燐の添加により、 γ 相の分散化と同時にマトリックスにおける α 相の結晶粒を微細化して、熱間加工性を向上させ、強度、耐摩耗性も向上させる。しかも、鋳造時の湯流れ性を著しく向上させる効果もある。このような効果は、燐を0.02～0.25重量%の範囲で添加することにより奏せられる。なお、銅の配合量については、珪素添加量との関係及びマンガン、ニッケルが珪素と結合する関係から、62～78重量%とした。

【0033】さらに、第8発明においては、被削性に加えて耐高温酸化性に優れた銅合金として、銅69～79重量%、珪素2.0～4.0重量%、鉛0.02～0.4重量%、アルミニウム0.1～1.5重量%及び燐0.02～0.25重量%を含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第8発明合金」という）を提案する。

【0034】アルミニウムは、強度、被削性、耐摩耗性を改善させる他、耐高温酸化性を改善させる元素である。また、珪素も、上記した如く、被削性、強度、耐摩耗性、耐応力腐蝕割れ性を改善させる他、耐高温酸化性を改善する機能を発揮する。アルミニウムによる耐高温酸化性の改善は、珪素との共添によって、0.1重量%以上の添加で行なわれる。しかし、アルミニウムを1.5重量%を超えて添加しても、添加量に見合う耐高温酸化性改善効果はみられない。かかる点から、アルミニウムの添加量は0.1～1.5重量%とした。

【0035】燐は、合金鋳造時における湯流れ性を向上させるために添加される。また、燐は、かかる湯流れ性の他、上記した被削性、耐脱亜鉛腐蝕性に加えて、耐高温酸化性をも改善する。このような燐の添加効果は0.02重量%以上で発揮される。しかし、0.25重量%を超えて添加しても、添加量に見合う効果はみられず、却って合金の脆性化を招くことになる。かかる点から、燐の添加量は、0.02～0.25重量%とした。

【0036】また、珪素は、上記した如く被削性を改善させるために添加されるものであるが、燐と同様に湯流れ性を向上させる機能も有するものである。珪素による湯流れ性の向上は2.0重量%以上の添加により発揮され、被削性を向上させるに必要な添加範囲と重複する。したがって、珪素の添加量は、被削性の改善を考慮し

て、2.0～4.0重量%とした。

【0037】また、第9発明においては、同じく被削性及び耐高温酸化性に優れた銅合金として、銅69～79重量%と、珪素2.0～4.0重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、アルミニウム0.1～1.5重量%と、燐0.02～0.25重量%と、ビスマス0.02～0.4重量%、テルル0.02～0.4重量%及びセレン0.02～0.4重量%から選択された1種の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす銅合金（以下「第9発明合金」という）を提案する。

【0038】すなわち、第9発明合金は、第8発明合金にビスマス0.02～0.4重量%、テルル0.02～0.4重量%及びセレン0.02～0.4重量%の何れかを更に含有させた合金組成をなすものであり、前記した如く鉛同様の被削性を改善する元素であるビスマス等を添加することにより、第8発明合金と同様の耐高温酸化性を確保しつつ、被削性の更なる改善を図ったものである。

【0039】また、第10発明においては、同じく被削性及び耐高温酸化性に優れた銅合金として、銅69～79重量%と、珪素2.0～4.0重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、アルミニウム0.1～1.5重量%と、燐0.02～0.25重量%と、クロム0.02～0.4重量%及びチタン0.02～0.4重量%から選択された1種以上の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第10発明合金」という）を提案する。

【0040】クロム及びチタンは耐高温酸化性を向上させる機能を有するものであり、その機能は、特に、アルミニウムとの共添による相乗効果によって顕著に発揮される。かかる機能は、これらを単独添加すると共添するに拘わらず、夫々、0.02重量%以上で発揮され、0.4重量%で飽和状態となる。このような点から、第10発明合金においては、第8発明合金にクロム0.02～0.4重量%及びチタン0.02～0.4重量%の少なくとも1つを更に含有させた合金組成をなすものとして、第8発明合金の耐高温酸化性を更に向上させるべく図っている。

【0041】また、第11発明においては、同じく被削性及び耐高温酸化性に優れた銅合金として、銅69～79重量%と、珪素2.0～4.0重量%と、鉛0.02～0.4重量%と、アルミニウム0.1～1.5重量%と、燐0.02～0.25重量%と、クロム0.02～0.4重量%及びチタン0.02～0.4重量%から選択された1種以上の元素と、ビスマス0.02～0.4重量%、テルル0.02～0.4重量%及びセレン0.02～0.4重量%から選択された1種の元素とを含有し、且つ残部が亜鉛からなる合金組成をなす快削性銅合金（以下「第11発明合金」という）を提案する。

【0042】すなわち、第11発明合金は、第10発明

合金にビスマス0.02~0.4重量%、テルル0.02~0.4重量%及びセレン0.02~0.4重量%の何れか1つを更に含有させた合金組成をなすものであり、前記した如く珪素と異なる機能により被削性を改善する鉛同様元素であるビスマス等を添加することにより、第10発明合金と同様の耐高温酸化性を確保しつつ、被削性の更なる改善を図ったものである。

【0043】また、第12発明においては、上記した各発明合金に400~600℃で30分~5時間の熱処理を施しておくことにより、その被削性を更に改善した快削性銅合金（以下「第12発明合金」という）を提案する。

【0044】第1~第11発明合金は珪素等の被削性改善元素を添加したものであり、かかる元素の添加により優れた被削性を有するものであるが、かかる添加元素の機能による被削性は熱処理によって更に向上する場合がある。例えば、第1~第11発明合金における銅濃度が高いものであって、 γ 相が少なく且つ κ 相が多いものについては、熱処理により κ 相が γ 相に変化して、 γ 相が微細に分散析出することにより、被削性が更に改善される。また、実際の鋳物、展伸材、熱間鍛造品の製造を想定した場合、鋳造条件や熱間加工（熱間押出、熱間鍛造等）後の生産性、作業環境等の条件によって、それらの材料が強制空冷、水冷される場合がある。かかる場合、第1~第11発明合金において、特に、銅濃度が低いものでは、 γ 相が若干少なく且つ β 相を含んでいるが、熱処理を施すと、これにより β 相が γ 相に変化すると共に γ 相が微細に分散析出することになり、被削性が改善される。しかし、何れの場合においても、熱処理温度が400℃未満であれば、上記した相変化速度が遅くなり、熱処理に極めて長時間を要するため、経済的にも実用できない。逆に、600℃を超えると、却って κ 相が増大し或いは β 相が出現するため、被削性の改善効果が得られない。したがって、実用性をも考慮した場合、被削性改善のためには、400~600℃の条件で30分~5時間の熱処理を行なうことが好ましい。

【0045】

【実施例】実施例として、表1~表15に示す組成の鋳塊（外径100mm、長さ150mmの円柱形状のもの）を熱間（750℃）で外径15mmの丸棒状に押出加工して、第1発明合金No. 1001~No. 1007、第2発明合金No. 2001~No. 2006、第3発明合金No. 3001~No. 3010、第4発明合金No. 4001~No. 4021、第5発明合金No. 5001~No. 5020、第6発明合金No. 6001~No. 6045、第7発明合金No. 7001~No. 7029、第8発明合金No. 8001~No. 8008、第9発明合金No. 9001~No. 9006、第10発明合金No. 10001~No. 10008及び第11発明合金No. 11001~No. 1

1011を得た。また、表16に示す組成の鋳塊（外径100mm、長さ150mmの円柱形状のもの）を熱間（750℃）で外径15mmの丸棒状に押出加工した上、その押出材を表16に示す条件で熱処理して、第12発明合金No. 12001~No. 12004を得た。すなわち、No. 12001は第1発明合金No. 1006と同一組成をなす押出材を580℃、30分の条件で熱処理したものであり、No. 12002はNo. 1006と同一組成をなす押出材を450℃、2時間の条件で熱処理したものであり、No. 12003は第1発明合金No. 1007と同一組成をなす押出材をNo. 12001と同一条件（580℃、30分）で熱処理したものであり、No. 12004はNo. 1007と同一組成をなす押出材をNo. 12002と同一条件（450℃、2時間）で熱処理したものである。

【0046】また、比較例として、表17に示す組成の鋳塊（外径100mm、長さ150mmの円柱形状のもの）を熱間（750℃）で押出加工して、外径15mmの丸棒状押出材（以下「従来合金」という）No. 13001~No. 13006を得た。なお、No. 13001は「JIS C3604」に相当するものであり、No. 13002は「CDA C36000」に相当するものであり、No. 13003は「JIS C3771」に相当するものであり、No. 13004は「CDA C69800」に相当するものである。また、No. 13005は「JIS C6191」に相当するものであり、JISに規定される伸銅品の中で強度、耐摩耗性に最も優れるアルミニウム青銅である。また、No. 13006は「JIS C4622」に相当するものであり、JISに規定される伸銅品の中で耐蝕性に最も優れるネーバル黄銅である。

【0047】

【表1】

合金		合金組成 (重量%)			
		Cu	Si	Pb	Zn
第1發明合金	1001	74.8	2.9	0.03	殘部
	1002	74.1	2.7	0.21	殘部
	1003	78.1	3.6	0.10	殘部
	1004	70.6	2.1	0.36	殘部
	1005	74.9	3.1	0.11	殘部
	1006	69.3	2.3	0.05	殘部
	1007	78.5	2.9	0.05	殘部

【 0 0 4 8 】

【表 2】

合金		合金組成 (重量%)						
No.		Cu	Si	Pb	Bi	Te	Se	Zn
第 2 発 明 合 金	2001	73.8	2.7	0.05	0.03			残部
	2002	69.9	2.0	0.33	0.27			残部
	2003	74.5	2.8	0.03		0.31		残部
	2004	78.0	3.6	0.12		0.05		残部
	2005	76.2	3.2	0.05			0.33	残部
	2006	72.9	2.6	0.24			0.06	残部

【 0 0 4 9 】

【表 3】

合金		合金組成合金組成 (重量%)						
No.		Cu	Si	Pb	Sn	Al	P	Zn
第 3 発 明 合 金	3001	70.8	1.9	0.23	3.2			残部
	3002	74.5	3.0	0.05	0.4			残部
	3003	78.8	2.5	0.15		3.4		残部
	3004	74.9	2.7	0.09		1.2		残部
	3005	74.6	2.3	0.26	1.2	1.9		残部
	3006	74.8	2.8	0.18			0.03	残部
	3007	76.5	3.3	0.04			0.21	残部
	3008	73.5	2.5	0.05	1.6		0.05	残部
	3009	74.9	2.0	0.35		2.7	0.13	残部
	3010	75.2	2.9	0.23	0.8	1.4	0.04	残部

【 0 0 5 0 】

【表 4】

合金 No.	合金組成 (重量%)									
	Cu	Si	Pb	Sn	Al	P	Bi	Te	Se	Zn
第 4 発 明 合 金	4001	73.8	2.8	0.04	0.5			0.10		残部
	4002	74.5	2.6	0.11		1.5		0.04		残部
	4003	73.7	2.1	0.21	1.2	2.2		0.03		残部
	4004	76.8	3.2	0.05			0.03	0.31		残部
	4005	74.1	2.6	0.07	1.4		0.04	0.09		残部
	4006	75.5	1.9	0.32		3.2	0.15	0.16		残部
	4007	74.8	2.8	0.10	0.7	1.2	0.05	0.05		残部
	4008	70.5	1.9	0.22	3.4			0.03		残部
	4009	79.1	2.7	0.15		3.4		0.05		残部
	4010	74.5	2.8	0.10			0.05	0.05		残部
	4011	77.3	3.3	0.07	0.4		0.21	0.31		残部
	4012	76.8	2.8	0.05		2.0	0.03	0.13		残部
	4013	74.5	2.6	0.18	1.4	2.1		0.21		残部
	4014	74.0	2.5	0.20	2.1	1.1	0.10	0.07		残部
	4015	72.5	2.4	0.11	1.0				0.05	残部
	4016	76.1	2.5	0.07		2.3			0.10	残部
	4017	76.4	2.7	0.05	0.6	3.1			0.22	残部
	4018	74.0	2.5	0.23			0.22		0.03	残部
	4019	71.2	2.2	0.11	2.8		0.05		0.30	残部
	4020	75.3	2.7	0.22		1.4	0.03		0.05	残部
	4021	74.1	2.5	0.05	2.4	1.2	0.07		0.07	残部

【0051】

【表5】

合金 No.		合金組成 (重量%)							
		Cu	Si	Pb	Sn	P	Sb	As	Zn
第 5 発 明 合 金	5001	74.3	2.9	0.05	0.4				残部
	5002	69.8	2.1	0.31	3.1				残部
	5003	74.8	2.8	0.03		0.08			残部
	5004	78.2	3.4	0.16		0.21			残部
	5005	74.9	3.1	0.09			0.07		残部
	5006	72.2	2.4	0.25				0.13	残部
	5007	73.5	2.5	0.18	2.2	0.04			残部
	5008	77.0	3.3	0.06	0.7	0.15			残部
	5009	76.4	3.6	0.12	1.2				残部
	5010	71.4	2.3	0.26	2.6		0.03		残部
	5011	77.3	3.4	0.17	0.5		0.14		残部
	5012	74.8	2.8	0.07	1.4			0.03	残部
	5013	74.5	2.7	0.05		0.03	0.12		残部
	5014	76.1	3.1	0.14		0.18	0.03		残部
	5015	73.9	2.5	0.08		0.07		0.05	残部
	5016	74.5	2.8	0.07			0.08	0.04	残部
	5017	77.3	3.1	0.12	1.5	0.13	0.05		残部
	5018	72.8	2.4	0.18	0.7		0.03	0.09	残部
	5019	74.2	2.7	0.07	0.5	0.11		0.10	残部
	5020	74.6	2.8	0.05	0.9	0.07	0.05	0.03	残部

【0052】

【表6】

合金 No.	合金組成 (重量%)										
	Cu	Si	Pb	Bi	Te	S	Sn	P	Sb	As	Zn
第 6 発 明 合 金	6001	70.7	2.3	0.17	0.05		2.8				残部
	6002	74.6	2.5	0.08	0.03		0.7	0.06			残部
	6003	78.0	3.7	0.05	0.34		0.4		0.05		残部
	6004	69.5	2.1	0.32	0.02		3.3			0.03	残部
	6005	76.8	2.8	0.03	0.07		0.8	0.21	0.02		残部
	6006	74.2	2.7	0.18	0.10		0.5	0.03		0.13	残部
	6007	76.1	3.2	0.12	0.05		1.7		0.12	0.02	残部
	6008	75.3	2.8	0.20	0.16		1.3	0.10	0.03	0.05	残部
	6009	77.0	3.1	0.14	0.06			0.21			残部
	6010	72.5	2.5	0.07	0.09			0.05	0.03		残部
	6011	74.7	2.9	0.10	0.32			0.14		0.10	残部
	6012	71.4	2.3	0.25	0.14			0.07	0.03	0.02	残部
	6013	74.7	3.0	0.13	0.05				0.12		残部
	6014	77.2	3.2	0.27	0.23				0.07	0.04	残部
	6015	74.0	2.8	0.07	0.03					0.03	残部
	6016	69.8	2.1	0.22		0.17	3.2				残部
	6017	73.8	2.9	0.15		0.03	1.6	0.07			残部
	6018	75.8	2.8	0.08		0.06	0.4		0.03		残部
	6019	71.2	2.3	0.15		0.07	2.5			0.07	残部
	6020	72.0	2.6	0.12		0.04	0.9	0.03	0.05		残部

【0053】

【表7】

合金 No.	合金組成 (重量%)										
	Cu	Si	Pb	Bi	Te	Se	Sn	P	Sb	As	Zn
第 6 発 明 合 金	6021	76.8	2.9	0.20		0.30		0.8	0.17	0.03	残部
	6022	78.3	3.2	0.15		0.36		0.4		0.06	0.14
	6023	73.4	2.3	0.12		0.06		2.7	0.02	0.11	0.03
	6024	74.6	2.8	0.05		0.08			0.19		
	6025	78.5	3.7	0.22		0.25			0.23	0.03	
	6026	74.9	2.9	0.16		0.05			0.05		0.10
	6027	73.8	2.5	0.07		0.03			0.06	0.02	0.04
	6028	74.8	2.6	0.12		0.02			0.12		
	6029	74.2	2.8	0.37		0.10			0.11	0.02	
	6030	76.3	3.2	0.08		0.05				0.07	
	6031	70.8	2.4	0.11			0.05	2.6			
	6032	74.6	3.0	0.25			0.32	0.6	0.06		
	6033	75.0	2.8	0.03			0.12	0.3		0.13	
	6034	73.5	2.8	0.12			0.07	1.0			0.11
	6035	78.0	3.3	0.07			0.03	0.5	0.16	0.02	
	6036	72.4	2.5	0.13			0.05	3.1	0.03		0.05
	6037	78.0	2.8	0.18			0.20	1.7		0.08	0.02
	6038	76.5	3.1	0.10			0.11	1.7	0.03	0.03	0.04
	6039	71.9	2.4	0.12			0.17		0.04		
	6040	77.0	3.5	0.03			0.35		0.23	0.03	

【0054】

【表8】

合金		合金組成 (重量%)										
No.		Cu	Si	Pb	Bi	Te	Se	Sn	P	Sb	As	Zn
第 6 発明合金	6041	74.7	2.9	0.07			0.12		0.06		0.03	残部
	6042	72.8	2.5	0.20			0.06			0.03		残部
	6043	78.0	3.7	0.33			0.15			0.02	0.10	残部
	6044	74.0	2.8	0.12			0.05				0.08	残部
	6045	76.1	3.1	0.05			0.07		0.03	0.09	0.03	残部

【 0 0 5 5 】

【表 9】

合 金		合金組成 (重量%)								
No.		Cu	Si	Pb	Sn	Al	P	Mn	Ni	Zn
第 7 発明合金	7001	67.0	3.8	0.04	1.6			3.2		残部
	7001a									
	7002	69.3	4.2	0.15	0.4				2.2	残部
	7002a									
	7003	63.8	2.6	0.33	2.8			0.9		残部
	7003a									
	7004	66.5	3.4	0.07	1.5			2.0		残部
	7004a									
	7005	67.2	3.6	0.10	0.9			1.8	0.9	残部
	7005a									
	7006	63.0	2.7	0.27	2.7	1.2		2.1		残部
	7006a									
	7007	68.7	3.4	0.05	1.4	1.3		0.9		残部
	7007a									
	7008	70.6	4.1	0.03	0.5	1.6		3.4		残部
	7008a									
	7009	67.8	3.6	0.12	2.6	2.1			3.3	残部
	7009a									
	7010	68.4	3.5	0.06	0.4	0.3			1.8	残部
	7010a									

【 0 0 5 6 】

【表 10】

合 金		合金組成 (重量%)								
No.		Cu	Si	Pb	Sn	Al	P	Mn	Ni	Zn
第 7 発 明 合 金	7011	73.9	4.4	0.17	1.2	1.7		0.8	1.5	残部
	7011a									
	7012	65.5	2.9	0.20	1.5	1.0	0.12	2.3		残部
	7012a									
	7013	66.1	3.3	0.08	1.8	1.1	0.03		2.6	残部
	7013a									
	7014	70.3	3.9	0.15	1.0	1.4	0.21	1.8	1.2	残部
	7014a									
	7015	66.8	3.7	0.20	2.6		0.14	2.7		残部
	7015a									
	7016	69.0	4.0	0.07	0.5		0.20		3.2	残部
	7016a									
	7017	64.5	2.9	0.19	1.8		0.05	1.5	0.8	残部
	7017a									
	7018	72.4	3.5	0.08		1.5		1.1		残部
	7018a									
7019	69.2	3.9	0.03		0.4		3.1		残部	
7019a										
7020	76.6	4.3	0.14		2.3		1.9		残部	
7020a										

【0057】

【表11】

合 金		合金組成 (重量%)								
No.		Cu	Si	Pb	Sn	Al	P	Mn	Ni	Zn
第 7 発 明 合 金	7021	75.0	4.2	0.19		1.7			2.1	残部
	7021a									
	7022	72.3	3.7	0.05		1.4		1.1	0.8	残部
	7022a									
	7023	64.5	3.8	0.35		0.3		2.0	2.3	残部
	7023a									
	7024	75.8	3.9	0.05		2.1	0.04	1.0		残部
	7024a									
	7025	70.1	3.5	0.06		1.2	0.23		3.0	残部
	7025a									
	7026	67.2	2.8	0.22		1.8	0.14	2.2	0.9	残部
	7026a									
	7027	70.2	3.8	0.11			0.03	3.2		残部
	7027a									
	7028	75.9	4.4	0.03			0.20		1.1	残部
	7028a									
7029	66.0	3.0	0.18			0.12	1.0	2.1	残部	
7029a										

【0058】

【表12】

合 金		合金組成 (重量%)					
No.		Cu	Si	Pb	Al	P	Zn
第 8 発 明 合 金	8001	74.5	2.9	0.16	0.2	0.05	残部
	8002	76.0	2.7	0.03	1.2	0.21	残部
	8003	76.3	3.0	0.35	0.6	0.12	残部
	8004	69.9	2.1	0.27	0.3	0.03	残部
	8005	71.5	2.3	0.12	0.8	0.10	残部
	8006	78.1	3.6	0.05	0.2	0.13	残部
	8007	77.7	3.4	0.18	1.4	0.06	残部
	8008	77.5	3.5	0.03	0.9	0.15	残部

【0059】

20 【表13】

合 金		合金組成 (重量%)							合金量%)	
		Cu	Si	Pb	Al	P	Bi	Te	Se	Zn
第 9 発 明 合	9001	74.8	2.8	0.05	0.6	0.07	0.03			残部
	9002	76.6	2.9	0.12	0.9	0.03	0.32			残部
	9003	72.3	2.2	0.32	0.5	0.12		0.25		残部
	9004	77.2	3.0	0.07	1.4	0.21		0.05		残部
	9005	78.1	3.6	0.16	0.3	0.15			0.29	残部
	9006	74.5	2.6	0.05	0.6	0.08			0.07	残部

【0060】

【表14】

合 金		合金組成 (重量%)							
No.		Cu	Si	Pb	Al	P	Cr	Ti	Zn
第 10 発 明 合 金	10001	76.0	2.8	0.12	0.7	0.13		0.21	残部
	10002	75.0	3.0	0.03	0.2	0.05		0.03	残部
	10003	78.3	3.4	0.06	1.3	0.20		0.34	残部
	10004	69.6	2.1	0.25	0.8	0.03		0.17	残部
	10005	77.5	3.6	0.12	0.7	0.15	0.23		残部
	10006	71.8	2.2	0.32	1.2	0.08	0.32		残部
	10007	74.7	2.7	0.1	0.6	0.10	0.03		残部
	10008	75.4	2.9	0.03	0.3	0.06	0.12	0.08	残部

【0061】

【表15】

合 金 No.		合金組成 (重量%)										
		Cu	Si	Pb	Al	Bi	Te	Se	P	Cr	Ti	Zn
第 11 発 明 合 金	11001	76.5	2.9	0.08	0.9	0.03			0.12	0.03		残部
	11002	70.4	2.2	0.32	0.5	0.21			0.03	0.18		残部
	11003	78.2	3.5	0.16	1.3	0.35			0.20		0.34	残部
	11004	73.9	2.7	0.03	0.3	0.11			0.06		0.22	残部
	11005	75.8	3.0	0.06	0.6	0.08			0.11	0.10	0.07	残部
	11006	71.6	2.1	0.24	1.0		0.21		0.04	0.32		残部
	11007	73.8	2.4	0.10	1.1		0.04		0.07		0.03	残部
	11008	75.5	3.0	0.13	0.2		0.36		0.12	0.06	0.14	残部
	11009	77.7	3.2	0.03	1.4			0.17	0.23	0.23		残部
	11010	75.0	2.7	0.15	0.7			0.03	0.03		0.12	残部
	11011	72.9	2.4	0.20	0.8			0.31	0.06	0.09	0.05	残部

【0062】

【表16】

合 金		合金組成 (重量%)				熱処理	
No.		Cu	Si	Pb	Zn	温度	時間
第 12 発 明 合 金	12001	69.3	2.3	0.05	残部	580℃	30分
	12002	69.3	2.3	0.05	残部	450℃	2時間
	12003	78.5	2.9	0.05	残部	580℃	30分
	12004	78.5	2.9	0.05	残部	450℃	2時間

【0063】

【表17】

合 金		合金組成 (重量%)								
No.		Cu	Si	Pb	Sn	Al	Mn	Ni	Fe	Zn
従 来 合 金	13001	58.8		3.1	0.2				0.2	残部
	13001a									
	13002	61.4		3.0	0.2				0.2	残部
	13002a									
	13003	59.1		2.0	0.2				0.2	残部
	13003a									
	13004	69.2	1.2	0.1						残部
	13004a									
	13005	残部				9.8	1.1	1.2	3.9	
	13005a									
	13006	61.8		0.1	1.0					残部
	13006a									

【0064】そして、第1～第12発明合金の被削性を従来合金との比較において確認すべく、次のような切削試験を行い、切削主分力、切屑状態及び切削表面形態を判定した。

【0065】すなわち、上記の如くして得られた各押出材の外周面を、真剣バイト（すくい角： -8° ）を取り付けた旋盤により、切削速度：50m/分、切込み深さ（切削代）：1.5mm、送り量：0.11mm/r c

v. の条件で切削し、バイトに取り付けた 3 分力動力計からの信号を重歪測定器により電圧信号に変換してレコーダで記録し、これを切削抵抗に換算した。ところで、切削抵抗の大小は 3 分力つまり主分力、送り分力及び背分力によって判断されるが、ここでは、3 分力のうち最も大きな値を示す主分力 (N) をもって切削抵抗の大小を判断することとした。その結果は、表 18～表 33 に示す通りであった。

【0066】また、切削により生成した切屑の状態を観察し、その形状によって図 1 (A)～(D) に示す如く 4 つに分類して、表 1～表 15 に示した。ところで、切屑が、(D) 図に示す如く、3 巻以上の螺旋形状をなしている場合には、切屑の処理 (切屑の回収や再利用等) が困難となる上、切屑がバイトに絡み付いたり、切削表面を損傷させる等のトラブルが発生して、良好な切削加工を行なうことができない。また、切屑が、(C) 図に示す如く、半巻程度の円弧形状から 2 巻程度の螺旋形状をなしている場合には、3 巻以上の螺旋形状をなす場合のような大きなトラブルは生じないものの、やはり切屑の処理が容易ではなく、連続切削加工を行う場合等においてはバイトへの絡み付きや切削表面の損傷等を生じる虞れがある。しかし、切屑が、(A) の如き微細な針形状片や (B) の如き扇形状片又は円弧形状片に剪断される場合には、上記のようなトラブルが生じることがなく、(C) 図や (D) 図に示すもののように嵩張らないことから、切屑の処理も容易である。但し、切屑が

(A) 図のような微細形状に剪断される場合には、旋盤等の工作機械の摺動面に潜り込んで機械的障害が発生したり、作業者の手指、目に刺さる等の危険を伴うことがある。したがって、被削性を判断する上では、(B) 図に示すものが最良であり、(A) 図に示すものがこれに続き、(C) 図や (D) 図に示すものは不適当とするのが相当である。表 18～表 33 においては、(B) に示す最良の切屑状態が観察されたものを「◎」で、(A) 図に示すやや良好な切屑状態が観察されたものを「○」で、(C) 図に示す不良な切屑状態が観察されたものを「△」で、(D) に示す最悪の切屑状態が観察されたものを「×」で示した。

【0067】また、切削後において、切削表面の良否を表面粗さにより判定した。その結果は、表 18～表 33 に示す通りであった。ところで、表面粗さの基準としては最大高さ (R_{max}) が使用されることが多く、黄銅製品の用途にもよるが、一般に、 $R_{max} < 10 \mu m$ であれば極めて被削性に優れると判断することができ、 $10 \mu m \leq R_{max} < 15 \mu m$ であれば工業的に満足しうる被削性を得ることができたものと判断でき、 $R_{max} \geq 15 \mu m$ の場合には被削性に劣るものと判断できる。表 18～表 33 においては、 $R_{max} < 10 \mu m$ の場合を「○」で、 $10 \mu m \leq R_{max} < 15 \mu m$ の場合を「△」で、 $R_{max} \geq 15 \mu m$ の場合を「×」で示した。

【0068】表 18～表 33 に示す切削試験の結果から明らかなように、第 1 発明合金 No. 1001～No. 1007、第 2 発明合金 No. 2001～No. 2006、第 3 発明合金 No. 3001～No. 3010、第 4 発明合金 No. 4001～No. 4021、第 5 発明合金 No. 5001～No. 5020、第 6 発明合金 No. 6001～No. 6045、第 7 発明合金 No. 7001～No. 7029、第 8 発明合金 No. 8001～No. 8008、第 9 発明合金 No. 9001～No. 9006、第 10 発明合金 No. 10001～No. 10008、第 11 発明合金 No. 11001～No. 11011 及び第 12 発明合金 No. 12001～No. 12004 は、その何れにおいても、鉛を大量に含有する従来合金 No. 13001～No. 13003 と同等の被削性を有するものである。特に、切屑の生成状態に限っては、鉛含有量が 0.1 重量% 以下である従来合金 No. 13004～No. 13006 に比しては勿論、鉛を大量に含有する従来合金 No. 13001～No. 13003 に比しても、良好な被削性を有する。また、第 1 発明合金 No. 1006 及び No. 1007 に比して、これを熱処理した第 12 発明合金 No. 12001～No. 12004 は同等以上の被削性を有しており、合金組成等の条件によっては、熱処理により第 1～第 11 発明合金の被削性を更に向上させ得ることが理解される。

【0069】次に、第 1～第 12 発明合金の熱間加工性及び機械的性質を、従来合金との比較において確認すべく、次のような熱間圧縮試験及び引張試験を行った。

【0070】すなわち、上記の如くして得られた各押出材から同一形状 (外径 15 mm、長さ 25 mm) の第 1 及び第 2 試験片を切り出した。そして、熱間圧縮試験においては、各第 1 試験片を 700℃ に加熱して 30 分間保持した上、軸線方向に 70% の圧縮率で圧縮 (第 1 試験片の高さ (長さ) が 25 mm から 7.5 mm になるまで圧縮) して、圧縮後の表面形態 (700℃ 変形能) を目視判定した。その結果は、表 18～表 33 に示す通りであった。変形能の判定は試験片側面におけるクラックの状態から目視により行い、表 18～表 33 においては、クラックが全く生じなかったものを「○」で、小さなクラックが生じたものを「△」で、大きなクラックが生じたものを「×」で示した。また、各第 2 試験片を使用して、常法による引張試験を行ない、引張強さ (N/mm^2) 及び伸び (%) を測定した。

【0071】表 18～表 33 に示す熱間圧縮試験及び引張試験の結果から、第 1～第 12 発明合金は、従来合金 No. 13001～No. 13004 及び No. 13006 と同等若しくはそれ以上の熱間加工性及び機械的性質を有するものであり、工業的に好適に使用できるものであることが確認された。特に、第 7 発明合金については、JIS に規定される伸銅品の中で強度に最も優れる

アルミニウム青銅である従来合金 No. 13005 と同等の機械的性質を有するものであり、高力性に優れることが理解される。

【0072】また、第1～第6発明合金及び第8～第12発明合金の耐蝕性及び耐応力腐蝕割れ性を、従来合金との比較において確認すべく、「ISO 6509」に定める方法による脱亜鉛腐蝕試験及び「JIS H3250」に規定される応力腐蝕割れ試験を行った。

【0073】すなわち、「ISO 6509」の脱亜鉛腐蝕試験においては、各押出材から採取した試料を、暴露試料表面が当該押出材の押出し方向に対して直角となるようにしてフェノール樹脂材に埋込み、試料表面をエメリー紙により1200番まで研磨した後、これを純水中で超音波洗浄して乾燥した。かくして得られた被腐蝕試験試料を、1.0%の塩化第2銅2水和塩 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) の水溶液 (12.7g/l) 中に浸漬し、75℃の温度条件下で24時間保持した後、水溶液中から取出して、その脱亜鉛腐蝕深さの最大値 (最大脱亜鉛腐蝕深さ) を測定した。その結果は、表18～表25及び表28～表33に示す通りであった。

【0074】表18～表25及び表28～表33に示す脱亜鉛腐蝕試験の結果から理解されるように、第1～第4発明合金及び第8～第12発明合金は、大量の鉛を含有する従来合金 No. 13001～No. 13003 に比して優れた耐蝕性を有し、特に、被削性と共に耐蝕性の向上を図った第5及び第6発明合金については、JISに規定される伸銅品の中で耐蝕性に最も優れるネーバル黄銅である従来合金 No. 13006 に比しても極めて優れた耐蝕性を有することが確認された。

【0075】また、「JIS H3250」の応力腐蝕割れ試験においては、各押出材から長さ150mmの試料を切り出し、各試料を、その中央部を半径40mmの円弧状治具に当てた状態で、その一端部が他端部に対して45°となるように折曲させて、試験片とした。このようにして引張残留応力を付加された各試験片を脱脂、乾燥処理した上、12.5%のアンモニア水 (アンモニアを等量の純水で薄めたもの) を入れたデシケータ内のアンモニア雰囲気 (25℃) 中に保持させた。すなわち、各試験片をデシケータ内におけるアンモニア水面から約80mm上方の位置に保持する。そして、試験片のアンモニア雰囲気中における保持時間が、2時間、8時間、24時間を経過した時点で、試験片をデシケータから取り出して、10%の硫酸で洗浄した上、当該試験片の割れの有無を拡大鏡 (倍率: 10倍) で視認した。その結果は、表18～表25及び表28～表33に示す通りであった。これらの表においては、アンモニア雰囲気中での保持時間が2時間である場合に明瞭な割れが認められたものについては「××」で、2時間経過時には割れが認められなかったが、8時間経過時には明瞭な割れが認められたものについては「×」で、8

時間経過時には割れが認められなかったが、24時間経過時には明瞭な割れが認められたものについては「△」で、24時間経過時には割れが全く認められなかったものについては「○」で示した。

【0076】表18～表25及び表28～表33に示す応力腐蝕割れ試験の結果から理解されるように、被削性と共に耐蝕性の向上を図った第5及び第6発明合金については勿論、耐蝕性については格別の配慮をしていない第1～第4発明合金及び第8～第12発明合金についても、亜鉛を含まないアルミニウム青銅である従来合金 No. 13005 と同等の耐応力腐蝕割れ性を有し、JISに規定される伸銅品の中で耐蝕性に最も優れるネーバル黄銅である従来合金 No. 13006 より優れた耐応力腐蝕割れ性を有することが確認された。

【0077】また、第8～第11発明合金の耐高温酸化性を、従来合金との比較において確認すべく、次のような酸化試験を行った。

【0078】すなわち、各押出材 No. 8001～No. 8008、No. 9001～No. 9006、No. 10001～No. 10008、No. 11001～No. 11011及びNo. 13001～13006 から、外径が14mmとなるように表面研削され且つ長さ30mmに切断された丸棒状の試験片を得て、各試験片の重量 (以下「酸化前重量」という) を測定した。しかる後、各試験片を、磁性坩堝に収納した状態で、500℃に保持された電気炉内に放置した。そして、放置時間が100時間を経過した時点で電気炉から取り出して、各試験片の重量 (以下「酸化後重量」という) を測定した上、酸化前重量と酸化後重量とから酸化増量を算出した。ここに、酸化増量とは、試験片の表面積 10cm^2 当たりの酸化による増加重量 (mg) の程度を示すものであり、「酸化増量 (mg/10cm²) = (酸化後重量 (mg) - 酸化前重量 (mg)) × (10cm² / 試験片の表面積 (cm²))」の式から算出されたものである。すなわち、各試験片の酸化後重量は酸化前重量より増加しているが、これは高温酸化によるものである。つまり、高温に晒されると、酸素と銅、亜鉛、珪素とが結合して Cu_2O 、 ZnO 、 SiO_2 となり、その酸素増分により重量が増加するのである。したがって、この増加重量の程度 (酸化増量) が小さい程、耐高温酸化性に優れているということができ、表28～表31及び表33に示す結果となった。

【0079】表23～表31及び表33に示す酸化試験の結果から明らかなように、第8～第11発明合金の酸化増量は、JISに規定される伸銅品の中でも高度の耐高温酸化性を有するアルミニウム青銅である従来合金 No. 13005 と同等であり、他の従来合金よりは極めて小さくなっている。したがって、第8～第11発明合金が、被削性に加えて、耐高温酸化性にも極めて優れたものであることが確認された。

【0080】

【表18】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性
第1 発明 合金	1001	◎	○	117	160	○	533	35	○
	1002	◎	○	114	170	○	520	32	○
	1003	◎	○	119	140	△	575	36	○
	1004	◎	○	118	220	△	490	30	△
	1005	◎	○	114	170	○	546	34	○
	1006	△	○	126	230	○	504	32	△
	1007	◎	△	127	170	△	515	44	○

【0081】

【表19】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力 腐蝕 割れ性
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	
第2発明合金	2001	◎	○	116	180	○	510	33	○
	2002	◎	○	115	230	△	475	28	△
	2003	◎	○	115	160	△	540	32	○
	2004	◎	○	117	150	△	576	35	○
	2005	◎	○	116	140	△	543	37	○
	2006	◎	○	114	180	△	502	32	○

【0082】

【表20】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力 腐蝕 割れ性
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	
第 3 発 明 合 金	3001	◎	○	120	30	○	542	23	○
	3002	◎	○	117	70	○	550	30	○
	3003	◎	○	119	110	△	565	34	○
	3004	◎	○	118	140	○	532	35	○
	3005	◎	○	119	50	△	547	27	○
	3006	◎	○	115	30	○	538	34	○
	3007	◎	○	117	<5	△	562	36	○
	3008	◎	○	119	<5	○	529	26	○
	3009	◎	○	118	<5	△	518	30	○
	3010	◎	○	116	<5	○	555	28	○

【0083】

【表21】

合金 No.	被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力 腐蝕 割れ性	
	切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)		
第4発明合金	4001	◎	○	119	70	○	535	30	○
	4002	◎	○	116	120	○	547	33	○
	4003	◎	○	118	60	△	539	26	○
	4004	○	○	113	30	△	550	31	○
	4005	◎	○	117	<5	○	534	27	○
	4006	◎	○	118	<5	△	542	30	○
	4007	○	○	116	<5	○	563	32	○
	4008	◎	○	120	40	△	507	25	○
	4009	◎	○	117	110	△	572	36	○
	4010	◎	○	115	10	○	524	33	○
	4011	◎	○	116	<5	△	580	31	○
	4012	◎	○	114	20	○	575	34	○
	4013	○	○	115	50	△	588	28	○
	4014	◎	○	117	<5	○	543	26	○
	4015	◎	○	117	60	○	501	27	○
	4016	◎	○	116	130	△	539	32	○
	4017	◎	○	118	50	○	574	34	○
	4018	◎	○	115	<5	○	506	30	○
	4019	◎	○	118	<5	○	523	28	○
	4020	◎	○	115	20	△	548	32	○
	4021	◎	○	118	<5	○	553	27	○

【0084】

【表 2 2】

合金 No.	被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力 腐蝕 割れ性	
	切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)		
第5 発 明 合 金	5001	◎	○	116	70	○	525	34	○
	5002	◎	○	120	40	△	501	25	○
	5003	◎	○	117	<5	○	510	33	○
	5004	◎	○	117	<5	△	547	42	○
	5005	◎	○	115	<5	○	533	34	○
	5006	◎	○	116	<5	○	470	30	△
	5007	◎	○	118	<5	○	512	28	○
	5008	◎	○	119	<5	△	558	36	○
	5009	◎	○	120	50	△	595	31	○
	5010	◎	○	121	<5	○	516	27	○
	5011	◎	○	118	<5	△	569	34	○
	5012	○	○	117	<5	○	523	30	○
	5013	◎	○	116	<5	○	504	33	○
	5014	○	○	114	<5	○	536	35	○
	5015	◎	○	117	<5	○	488	31	○
	5016	◎	○	116	<5	○	510	37	○
	5017	◎	○	118	<5	△	557	32	○
	5018	◎	○	117	<5	○	480	30	○
	5019	◎	○	117	<5	○	511	31	○
	5020	◎	○	115	<5	○	528	30	○

【0085】

【表 2 3】

合金 No.	被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力 腐蝕 割れ性	
	切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)		
第 6 発 明 合 金	6001	◎	○	119	40	○	515	25	○
	6002	◎	○	117	<5	○	496	35	○
	6003	◎	○	119	<5	△	570	34	○
	6004	◎	○	118	<5	△	503	26	○
	6005	◎	○	115	<5	○	536	37	○
	6006	○	○	113	<5	○	512	33	○
	6007	◎	○	117	<5	△	559	29	○
	6008	○	○	115	<5	△	527	31	○
	6009	◎	○	115	<5	△	546	40	○
	6010	◎	○	116	<5	○	507	30	○
	6011	○	○	113	<5	△	520	30	○
	6012	◎	○	115	<5	△	488	29	△
	6013	○	○	114	<5	○	531	32	○
	6014	◎	○	114	<5	△	564	31	○
	6015	◎	○	115	20	○	525	34	○
	6016	◎	○	121	30	○	514	25	○
	6017	◎	○	119	<5	○	510	27	○
	6018	◎	○	116	<5	○	528	32	○
	6019	◎	○	119	<5	○	526	28	○
	6020	◎	○	116	<5	○	509	30	○

【0086】

【表 24】

合金 No.	被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力 腐蝕 割れ性	
	切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)		
第6発明合金	6021	◎	○	113	<5	○	534	30	○
	6022	◎	○	117	<5	○	562	34	○
	6023	◎	○	120	<5	○	527	27	○
	6024	◎	○	116	<5	○	515	33	○
	6025	◎	○	117	<5	△	575	35	○
	6026	◎	○	114	<5	○	524	32	○
	6027	◎	○	119	<5	○	503	34	○
	6028	◎	○	117	<5	○	510	33	○
	6029	○	○	114	<5	△	522	30	○
	6030	◎	○	118	40	○	546	37	○
	6031	◎	○	119	<5	○	529	27	○
	6032	◎	○	115	<5	△	545	30	○
	6033	◎	○	116	<5	○	521	34	○
	6034	◎	○	116	<5	○	513	31	○
	6035	◎	○	118	<5	△	568	35	○
	6036	◎	○	118	<5	○	536	26	○
	6037	○	○	116	<5	○	530	29	○
	6038	◎	○	117	<5	△	555	30	○
	6039	◎	○	117	20	○	497	31	○
	6040	◎	○	118	<5	△	574	35	○

【0087】

【表 25】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性
第6 発明 合金	6041	◎	○	115	<5	○	520	34	○
	6042	◎	○	117	20	△	501	31	○
	6043	◎	○	118	<5	△	585	32	○
	6044	◎	○	116	<5	○	516	32	○
	6045	◎	○	116	<5	○	538	35	○

【0088】

【表26】

合金 No.	被削性			熱間加工性	機械的性質		
	切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	
第 7 発 明 合 金	7001	◎	○	132	○	755	17
	7002	◎	○	127	○	776	19
	7003	◎	△	135	○	620	15
	7004	◎	○	130	○	714	18
	7005	◎	○	128	○	708	19
	7006	◎	○	130	○	685	16
	7007	◎	○	132	○	717	18
	7008	◎	○	130	○	811	18
	7009	◎	○	130	○	790	15
	7010	◎	○	131	○	708	18
	7011	◎	○	128	○	810	17
	7012	◎	○	128	○	694	17
	7013	◎	○	132	○	742	16
	7014	◎	○	128	○	809	17
	7015	◎	○	129	○	725	15
	7016	◎	○	128	○	765	18
	7017	◎	○	130	○	684	16
	7018	◎	○	128	○	710	21
	7019	◎	○	128	○	746	20
	7020	◎	○	126	○	802	19

【0089】

【表27】

合金 No.		被削性			熱間加工性	機械的性質	
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)
第7 発明 合金	7021	◎	○	126	○	792	19
	7022	◎	○	128	○	762	20
	7023	◎	○	129	○	725	17
	7024	◎	○	128	○	744	21
	7025	◎	○	130	○	750	20
	7026	△	○	132	○	671	23
	7027	◎	○	128	○	740	23
	7028	◎	○	133	○	763	22
	7029	△	○	129	○	647	24

【0090】

【表28】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力	高温酸化性
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性	酸化増量 ($\text{mg}/10\text{cm}^2$)
第 8 発 明 合 金	8001	◎	○	114	<5	○	528	35	○	0.5
	8002	◎	○	116	<5	○	545	37	○	0.2
	8003	○	○	113	<5	△	547	34	○	0.4
	8004	◎	○	116	40	○	482	30	△	0.5
	8005	◎	○	117	<5	○	502	32	○	0.3
	8006	◎	○	117	<5	△	570	36	○	0.4
	8007	◎	○	117	<5	○	575	33	○	0.2
	8008	◎	○	118	<5	○	552	36	○	0.3

【0091】

【表29】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力	高温酸化性
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性	酸化増量 ($\text{mg}/10\text{cm}^2$)
第 9 発 明 合 金	9001	◎	○	115	<5	○	526	33	○	0.4
	9002	○	○	113	20	△	543	30	○	0.3
	9003	○	○	115	<5	△	508	28	○	0.4
	9004	◎	○	117	<5	○	567	37	○	0.2
	9005	◎	○	115	<5	△	571	33	○	0.4
	9006	◎	○	116	<5	○	513	35	○	0.4

【0092】

【表30】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力	高温酸化性
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性	酸化増量 ($\text{mg}/10\text{cm}^2$)
第10 発明 合金	10001	◎	○	115	<5	○	534	38	○	0.1
	10002	◎	○	116	10	○	538	36	○	0.4
	10003	◎	○	117	<5	○	563	39	○	<0.1
	10004	◎	○	115	<5	○	505	30	△	0.2
	10005	◎	○	116	<5	△	572	38	○	0.2
	10006	◎	○	115	<5	○	514	28	○	0.1
	10007	◎	○	114	<5	○	525	34	○	0.2
	10008	◎	○	115	20	○	530	36	○	0.2

【0093】

【表31】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力	高温酸化性
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性	酸化増量 ($\text{mg}/10\text{cm}^2$)
第11 発明 合金	11001	◎	○	115	<5	○	552	35	○	0.2
	11002	◎	○	116	30	△	504	28	△	0.2
	11003	◎	○	115	<5	△	598	34	○	<0.1
	11004	◎	○	116	<5	○	515	32	○	0.1
	11005	○	○	113	<5	○	540	35	○	0.1
	11006	◎	○	116	20	△	487	31	○	0.1
	11007	◎	○	117	<5	○	524	32	○	0.1
	11008	○	○	114	<5	○	537	30	○	0.2
	11009	◎	○	115	<5	△	569	35	○	0.1
	11010	◎	○	115	10	○	531	32	○	0.1
	11011	◎	○	116	<5	○	510	29	○	0.1

【0094】

【表32】

合金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力
		切屑の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐蝕 割れ性
第12 発 明 合 金	12001	◎	○	122	210	○	486	36	○
	12002	◎	○	119	200	○	490	35	○
	12003	◎	○	120	160	△	501	40	○
	12004	◎	○	119	160	△	505	41	○

【0095】

【表33】

合 金 No.		被削性			耐蝕性	熱間加工性	機械的性質		耐応力	高温酸化性
		切削の 状態	切削表面 の形態	主分力 (N)	最大腐蝕深さ (μm)	700℃ 変形能	引張強さ (N/mm^2)	伸び (%)	腐 蝕 割れ性	酸化増量 ($\text{mg}/10\text{cm}^2$)
従 来 合 金	13001	○	○	103	1100	△	408	37	××	1.8
	13002	○	○	101	1000	×	387	39	××	1.7
	13003	○	△	112	1050	○	414	38	××	1.7
	13004	×	○	223	900	○	438	38	×	1.2
	13005	×	○	178	350	△	735	28	○	0.2
	13006	×	○	217	600	○	425	39	×	1.8

【0096】また、第2の実施例として、表9～表11に示す組成の鋳塊（外径100mm、長さ200mmの円柱形状のもの）を熱間（700℃）で外径35mmの丸棒状に押出加工して、第7発明合金No. 7001a～No. 7029aを得た。また、第2の比較例として、表17に示す組成の鋳塊（外径100mm、長さ200mmの円柱形状のもの）を熱間（700℃）で押出加工して、外径35mmの丸棒状押出材（以下「従来合金」という）No. 13001a～No. 13006aを得た。なお、No. 7001a～No. 7029a及びNo. 13001a～No. 13006aは、夫々、前記した銅合金No. 7001～No. 7029及びNo. 13001～No. 13006と同一の合金組成をなすものである。

【0097】そして、第7発明合金No. 7001a～No. 7029aの耐摩耗性を、従来合金No. 13001a～No. 13006aとの比較において確認すべく、次のような摩耗試験を行った。

【0098】すなわち、上記の如くして得られた各押出材から、その外周面を切削した上、穴明け加工及び切断加工を施すことにより、外径32mm、厚さ（軸線方向長さ）10mmのリング状試験片を得た上、各試験片を回転自在な軸に嵌合固定して、これと軸線を平行とする外径48mmのSUS304製ロールに50kgの荷重を掛けて押圧接触させた状態に保持させる。しかる後、SUS304製ロール及びこれに転接する試験片を、当該試験片の外周面にマルチオイルを滴下しつつ、同一回転数（209 r. p. m.）で回転駆動させる。そして、当該試験片の回転数が10万回に達した時点で、SUS304製ロール及び試験片の回転を停止して、各試験片の回転前後における重量差つまり摩耗減量（mg）を測定した。かかる摩耗減量が少ない程、耐摩耗性に優れた銅合金ということが出来るが、その結果は、表34～表36に示す通りであった。

【0099】表34～表36に示す摩耗試験の結果から

明らかなように、第7発明合金No. 7001a～No. 7029aは、従来合金No. 13001～No. 13004及びNo. 13006に比しては勿論、JISに規定される伸銅品の中で耐摩耗性に最も優れるアルミニウム青銅である従来合金No. 13005に比しても、耐摩耗性が優れることが確認された。したがって、上記した引張試験の結果をも考慮して総合的に判断した場合、第7発明合金は、被削性に加えて、JISに規定される伸銅品の中で耐摩耗性に最も優れるアルミニウム青銅と同等以上の高力性、耐摩耗性を有するものであることができる。

【0100】

【表34】

合 金 No.	耐摩耗性	
	摩耗減量 ($\text{mg}/10\text{万回転}$)	
第 7 発 明 合 金	7001a	0.7
	7002a	1.4
	7003a	2.0
	7004a	1.4
	7005a	1.2
	7006a	1.8
	7007a	2.3
	7008a	0.7
	7009a	0.6
	7010a	1.3
	7011a	0.8
	7012a	1.7
	7013a	1.1
	7014a	0.8
	7015a	1.1
	7016a	1.0
	7017a	1.6
	7018a	1.9
	7019a	1.1
	7020a	1.4

【0101】

【表35】

合 金 No.		耐摩耗性
		摩耗減量 (mg/10万回転)
第 7 発 明 合 金	7021a	1. 5
	7022a	1. 4
	7023a	0. 9
	7024a	2. 0
	7025a	1. 2
	7026a	1. 2
	7027a	1. 1
	7028a	2. 1
	7029a	1. 5

【0102】

【表36】

合 金 No.		耐摩耗性
		摩耗減量 (mg/10万回転)
従 来 合 金	13001a	5 0 0
	13002a	6 2 0
	13003a	5 2 0
	13004a	4 5 0
	13005a	2 5
	13006a	6 0 0

【0103】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解されるように、第1～第12発明合金は、被削性改善元素である鉛の含有量が極く微量（0.02～0.4重量%）であるにも拘わらず、極めて被削性に富むものであり、鉛を大量に含有する従来の快削性銅合金の代替材料として安全に使用できるものであり、切屑の再利用等を含めて環境衛生上の問題が全くなく、鉛含有製品が規制されつつある近時の傾向に充分対応することができる。

10 【0104】さらに、第5及び第6発明合金は、被削性に加えて耐蝕性にも優れるものであり、耐蝕性を必要とする切削加工品、鍛造品、鋳物製品等（例えば、給水栓、給排水金具、バルブ、ステム、給湯配管部品、シャフト、熱交換器部品等）の構成材として好適に使用することができるものであり、その実用的価値極めて大なるものである。

【0105】また、第7発明合金は、被削性に加えて高力性、耐摩耗性にも優れるものであり、高力性、耐摩耗性を必要とする切削加工品、鍛造品、鋳物製品等（例えば、軸受、ボルト、ナット、ブッシュ、歯車、ミシン部品、油圧部品等）の構成材として好適に使用することができるものであり、その実用的価値極めて大なるものである。

20 【0106】また、第8～第11発明合金は、被削性に加えて耐高温酸化性にも優れるものであり、耐高温酸化性を必要とする切削加工品、鍛造品、鋳物製品等（例えば、石油・ガス温風ヒータ用ノズル、バーナヘッド、給湯器用ガスノズル等）の構成材として好適に使用することができるものであり、その実用的価値極めて大なるものである。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】切屑の形態を示す斜視図である。

【図 1】

